

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-111339  
(43)Date of publication of application : 25.04.1995

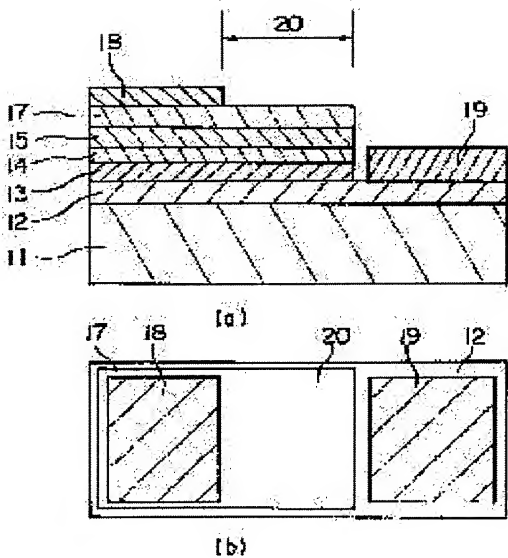
(51)Int.Cl. H01L 33/00

(21)Application number : 05-253979 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
(22)Date of filing : 12.10.1993 (72)Inventor : KAMIYAMA HIROYUKI

(54) SURFACE EMISSION TYPE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable a surface emission type semiconductor light emitting device to efficiently emit light ray vertical to the surface of a substrate by a method wherein a voltage is applied between a first and a second electrode so as to enable carriers to flow passing through a region located between the first and the second electrode.  
CONSTITUTION: A square P-type ohmic electrode 18 is formed on a part of a P+-InGaAs layer 17, and a square N-type ohmic electrode 19 is formed on another part of an N+-InGaAs layer 12. Moreover, the P-type ohmic electrode 18 and the N-type ohmic electrode 19 are provided confronting each other through the intermediary of an output region 20. At this point, when a forward voltage is applied between the the P-type ohmic electrode 18 and the N-type ohmic electrode 19, electrons and holes injected into an active layer 14 are recombined together, and light emission is observed in the output region 20. As mentioned above, an electrical field and a current are concentrated on arm optical output region, so that light can be efficiently emitted from the optical output region.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.11.1996  
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.04.1999  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-111339

(43) 公開日 平成7年(1995)4月25日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 33/00

A

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平5-253979

(22) 出願日

平成5年(1993)10月12日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 神山 博幸

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

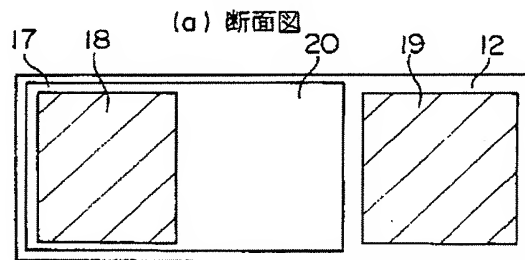
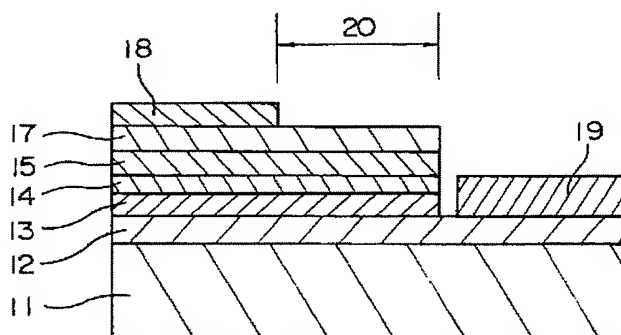
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 面発光型半導体発光装置

(57) 【要約】

【目的】 高い外部変換効率を有する面発光型半導体発光装置を提供する。

【構成】 半絶縁性 InP 基板 11 上には  $n^+$  InGaAs 層 12 が形成されている。そして、この  $n^+$  InGaAs 層 12 上の一部分に  $n$ -InP の第 1 クラッド層 13、 $\text{In}_{0.72}\text{Ga}_{0.28}\text{As}_{0.33}\text{P}_{0.67}$  の活性層 14、 $p$ -InP の第 2 クラッド層 15 が順次エピタキシャル成長されて DH 構造の発光層を形成している。さらに、第 2 クラッド層 15 の上には  $p^+$  InGaAs 層 17 が形成されている。 $p^+$  InGaAs 層 17 上の一部には方形状の  $p$  型オーミック電極 18 が、 $n^+$  InGaAs 層 12 上の他の一部分には方形状の  $n$  型オーミック電極 19 が形成されている。



(b) 平面図

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 キャリアが注入されることにより発光する半導体発光層を、互いに異なる導電型の 2 つの半導体導電層で厚み方向に挟んだ構造を備え、

前記 2 つの半導体導電層の少なくとも一方を介して光出力領域から前記厚み方向に光が出力される面発光型半導体発光装置であって、

前記 2 つの半導体導電層の一方には、前記光出力領域に隣接する第 1 の領域からキャリアが供給され、前記 2 つの半導体導電層の他方には前記光出力領域を挟んで前記第 1 の領域と反対側の第 2 の領域を介してキャリアが供給されることを特徴とする面発光型半導体発光装置。

【請求項 2】 キャリアが注入されることにより発光する半導体発光層を互いに異なる導電型の第 1 および第 2 の半導体導電層で厚み方向に挟んだ構造を基板上に備え、

前記基板と接する前記第 1 の半導体導電層とは反対側の前記第 2 の半導体導電層を介して光出力領域から前記厚み方向に光が出力される面発光型半導体発光装置であって、

前記第 2 の半導体導電層上には、前記光出力領域に隣接する領域に第 1 の電極が形成され、前記第 1 の半導体導電層は前記光出力領域を挟んで前記第 1 の電極と反対側の領域で前記基板上に露出すると共にこの領域に第 2 の電極が形成されることを特徴とする面発光型半導体発光装置。

【請求項 3】 前記半導体発光層を挟む前記 2 つの半導体導電層のそれぞれのシート抵抗の比は 0.1 ~ 10 であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の面発光型半導体発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、効率良く光出力を取り出すことの可能な半導体発光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、発光ダイオード等の面発光型の発光デバイスは、半導体基板上の発光部に設けられた p 型オーミック電極を円形または矩形状の閉じた形の出力用窓とし、n 型オーミック電極を半導体基板の下面に設けていた。このような技術の詳細は、IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 4, No 5, pp. 409-411, 1992 に記載されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、この種の発光デバイスの p 型および n 型オーミック電極間に電流を流してみると、出力用窓内の出力領域（発光領域）の外側または電極直下部分が発光する現象が観察された。これは、p 型および n 型オーミック電極間を流れるキャリアは出力用窓内の出力領域の外側または電極直下

2

を流れ、そこで再結合することとなるためである。このような領域において発光が生じるとすると、本来の出力領域内での電流-光変換効率が低く、基板面に垂直な方向に効率的に光を取り出すことができない。

【0004】 本発明は以上の問題に鑑み、基板面に垂直な方向に効率的に光を取り出すことができ、高外部量子効率の得られる面発光型の半導体発光装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 以上の問題を解決するため、本発明は、キャリアが注入されることにより発光する半導体発光層を、互いに異なる導電型の 2 つの半導体導電層で厚み方向に挟んだ構造を備え、2 つの半導体導電層の少なくとも一方を介して光出力領域から厚み方向に光が出力される面発光型半導体発光装置を対象とするものであり、2 つの半導体導電層の一方には、光出力領域に隣接する第 1 の領域からキャリアが供給され、2 つの半導体導電層の他方には光出力領域を挟んで第 1 の領域と反対側の第 2 の領域を介してキャリアが供給されることとした。

## 【0006】

【作用】 本発明により、第 1 の領域と第 2 の領域にキャリアが供給されると、光出力領域は第 1 の領域と第 2 の領域とに挟まれているので、この光出力領域に電流と電界を集中させることができる。これにより、主として光出力領域内で光を発光させることができる。そして、光出力領域の上にはキャリアを供給する電極等を形成する必要がないので、光出力領域から厚み方向に光が出力される際には、これらの電極等によって出射された光が吸収されることがない。これにより、かかる面発光型半導体発光装置の外部量子効率を飛躍的に高めることができる。

【0007】 あるいは、本発明はキャリアが注入されることにより発光する半導体発光層を互いに異なる導電型の第 1 および第 2 の半導体導電層で厚み方向に挟んだ構造を基板上に備え、基板と接する第 1 の半導体導電層とは反対側の第 2 の半導体導電層を介して光出力領域から厚み方向に光が出力される面発光型半導体発光装置であって、第 2 の半導体導電層上には、光出力領域に隣接する領域に第 1 の電極が形成され、第 1 の半導体導電層は光出力領域を挟んで第 1 の電極と反対側の領域で基板上に露出すると共にこの領域に第 2 の電極が形成されることとしてもよい。

【0008】 このような構成とすると、第 1 の電極と第 2 の電極との間に通電した際には、キャリアは第 1 の電極と第 2 の電極との間に位置する光出力領域を流れるので、主として光出力領域において発光が生じる。よって、第 1 の電極から第 2 の電極に至る経路から外れた第 1 の電極直下での発光を抑制することが可能であり、厚み方向に出射した光を高い効率で取り出すことが

できる。このような面発光型半導体発光装置において、特に、半導体発光層を挟む2つの半導体導電層のそれぞれのシート抵抗の比は0.1~10である場合には、実用上有効な高い光出力を得ることが可能である。

#### 【0009】

【実施例】以下、本発明に係る面発光型の半導体発光装置の一実施例を添付図面に基づいて説明する。なお、同一要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

【0010】図1は、本発明の第1実施例にかかる発光ダイオードの構成を示したものである。まず、同図

(a)の縦断面図から明らかなように、半絶縁性InP基板11上には $n^+$ InGaAs層12(キャリア濃度 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.2  $\mu\text{m}$ )が形成されている。そして、この $n^+$ InGaAs層12上の一部分に $n$ -InPの第1クラッド層13(キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚2  $\mu\text{m}$ )、 $\text{In}_{0.72}\text{Ga}_{0.28}\text{As}_{0.33}\text{P}_{0.67}$ の活性層14(ノンドープ、層厚0.2  $\mu\text{m}$ )、 $p$ -InPの第2クラッド層15(キャリア濃度 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚2  $\mu\text{m}$ )が順次エピタキシャル成長されてDH構造の発光層を形成している。さらに、第2クラッド層15の上には $p^+$ InGaAs層17(キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.2  $\mu\text{m}$ )が形成されている。

【0011】また、 $p^+$ InGaAs層17上の一部には方形状の $p$ 型オーミック電極18が形成されている。同様に、 $n^+$ InGaAs層12上の他の一部分には方形状の $n$ 型オーミック電極19が形成されている。なお、 $p$ 型オーミック電極18にはTi/Pt/Auを、 $n$ 型オーミック電極19にはGe/AuGe/Niを用い、これらはそれぞれを $p^+$ InGaAs層17および $n^+$ InGaAs層12上に堆積した後、450℃、60秒の合金化を行うことにより形成した。

【0012】同図(b)に示した発光ダイオードの平面図から明らかなように、かかる発光ダイオードを上方から見た場合、 $p$ 型オーミック電極18と $n$ 型オーミック電極19とは出力領域20を介して対向して設けられている。なお、同図(b)の出力領域20は同図(a)において矢印で指定する範囲に対応しており、寸法は10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ である。

【0013】このような構成の発光ダイオードを実現した後、 $p$ 型オーミック電極18と $n$ 型オーミック電極19との間に順方向電圧を印加すると、活性層14内に注入された電子と正孔とが再結合して出力領域20内に発光が観察される。これは、 $p$ 型オーミック電極18から $n$ 型オーミック電極19に電流が流れる際の電流の通り道に活性層14があり、しかも活性層14内のこの通り道にあたった部分の大部分が出力領域20内に存在していることを意味する。

【0014】なお、比較のために以下の構造の発光ダイオードを作製した。この発光ダイオードの縦断面図およ

び平面図を図2(a)、(b)にそれぞれ示す。

【0015】本発明の第1実施例と同様に半絶縁性InP基板21上に $n^+$ InGaAs層22、第1クラッド層23、活性層24、第2クラッド層25、 $p^+$ InP層26、 $p^+$ InGaAs層27が順次形成されている。なお、これら各層の組成、キャリア濃度および層厚は第1実施例と同様の値である。そして、 $p^+$ InGaAs層27の上面には内部に出力領域30が設けられて開口した方形リング状の $p$ 型オーミック電極28が、半絶縁性InP基板21の下面には $p$ 型オーミック電極28と同様の構造であって若干大きな $n$ 型オーミック電極29がこれの開口領域内に出力領域30含むように形成されている。この出力領域30の寸法は第1実施例の出力領域20と同一である。なお、半絶縁性InP基板21は下面からエッチングされており、活性層24内で発生した光が半絶縁性InP基板21で吸収されない構成となっている。なお、同図(b)の出力領域30は同図(a)において矢印で指定する範囲に対応しており、寸法は10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ である。

【0016】このような構成の発光ダイオードを実現した後、 $p$ 型オーミック電極28と $n$ 型オーミック電極29との間に順方向電圧を印加すると、活性層24内に注入された電子と正孔とが再結合して $p$ 型オーミック電極28の近傍および $p$ 型オーミック電極28で囲まれた出力領域30の外側で発光が観察された。これは、 $p$ 型オーミック電極28から $n$ 型オーミック電極29に電流が流れる際の電流の通り道に活性層24があり、しかも活性層24のこの通り道にあたった部分の大部分が $p$ 型オーミック電極28の略直下に存在していることを意味する。

【0017】図3は、本発明の第2実施例に係る発光ダイオードの構成を示しており、図1の発光ダイオードの $p^+$ コンタクト層として、図1における $p^+$ InGaAs層17に代えて第2クラッド層15上に $p^+$ InP層36(キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.3  $\mu\text{m}$ )、 $p^+$ InGaAs層37(キャリア濃度 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.2  $\mu\text{m}$ )を積層してエピタキシャル成長させたものである。このような構成とすることにより第2クラッド層15、 $p$ 型オーミック電極18間の抵抗を低減することができ、出力領域20内に発光を集中させることが可能である。

【0018】図4は、上記比較例とともに第1および第2実施例の発光ダイオードの駆動電流と光出力との関係を示す図である。同図から明らかなように、光出力は駆動電流が増加するに従って単調に増加する。そして、同一の駆動電流に対しては、第1および第2実施例の発光ダイオードは図2に示した比較例の構造の発光素子よりも高い光出力を得ることができる。すなわち、第1実施例および第2実施例の発光ダイオードの外部量子変換効率は0.8%であり、比較例の外部量子変換効率0.2

%と比較して高い値を示している。なお、第1実施例および第2実施例のp型半導体のシート抵抗 $R_{sh}(p)$ とn型半導体のシート抵抗 $R_{sh}(n)$ との比率 $R_{sh}(p)/R_{sh}(n)$ はそれぞれ0.33と0.07である。

【0019】また、第1実施例の $R_{sh}(p)/R_{sh}(n)$ と光出力の関係を調べた。この結果を図5に示す。同図から明らかなように $R_{sh}(p)/R_{sh}(n)$ が0.1~1.0の間においては、電界および電流が図1の出力領域20内の活性層14に集中し、外部量子変換効率が優れていることが判る。なお、第1実施例および第2実施例の $R_{sh}(p)/R_{sh}(n)$ はそれぞれ0.33と0.07である。そして、図5に示した結果と略同様の結果が第2実施例においても得られた。このように、同様の縦横比（出力領域20のp型オーミック電極18とn型オーミック電極19と間隔を縦とし、これに垂直な方向を横とする）と面積とを有する出力領域20を用いた場合には、 $R_{sh}(p)/R_{sh}(n)$ が0.1~1.0の間で、外部量子変換効率が優れていることが判る。なお、p型半導体およびn型半導体のシート抵抗はこれらを構成する層が複数の場合は全体としてのp型半導体のシート抵抗、n型半導体のシート抵抗とする。但し、実質的には、これらp型半導体のシート抵抗とn型半導体のシート抵抗は、 $p^+InGaAs$ 層17、37、36... $p^+InP$ 層と $n^+InGaAs$ 層12のキャリア濃度に強く依存する。

【0020】以上、本発明の第1および第2実施例によれば、出力領域20内に活性層14の電流通過部分の大部分が含まれることとしたので、出力領域20内で光を発生させることができる。これにより、主として出力領域20内で光を発生させることができるとともに、出力領域20の外側や電極直下での発光を抑制することが可能である。さらに出力領域20の下方には、n型オーミック電極19が形成されていないので、下方へ出射された光がこのn型オーミック電極19によって吸収されることはない。特に、p型半導体のシート抵抗とn型半導体のシート抵抗との比が0.1以上1.0以下である場合には、実用上十分に有効な高い光出力を得ることが可能である。

【0021】このように、高い外部量子効率が得られる理由としては、活性層14内の電流の通り道に当たる部分がp型オーミック電極18直下以外の領域に形成されたため、活性層14で上方へ向けて発生した光が、従来のようにp型オーミック電極18で吸収されることがないためと考えられる。すなわち、本発明は、活性層14内の電流の通り道に当たる部分を電極の直下に形成しない構成であれば、上記の第1および第2実施例に限定されるものではない。

【0022】すなわち、本発明の発光ダイオードは、以下の第3~第5実施例に示す構成としても良い。第3~

第5実施例は、p型オーミック電極18およびn型オーミック電極19の形状を変えたものである。なお、第3~第5実施例にかかる発光ダイオードの構成要素（材料やこれのキャリア濃度、各層構造、各層厚や面積）は、特に指定のない限り上記第1実施例と同等のものとする。

【0023】図6(b)は、本発明の第3実施例にかかる発光ダイオードを上方から見た平面図である。この発光ダイオードは、中央部が開いた方形リング状のn型オーミック電極19内に出力領域20があり、この出力領域の内側に方形のp型オーミック電極18が形成されている。なお、同図(a)は、この発光ダイオードの縦断面構成を示す図である。このような構成とすることによっても上記と同様の作用を奏するばかりでなく、発光出力を安定させることができる。

【0024】図7(b)は、本発明の第4実施例にかかる発光ダイオードを上方から見た平面図である。この発光ダイオードは上記第3実施例のn型オーミック電極19を円形リング状とし、p型オーミック電極18を円板状としたものである。なお、同図(a)は、この発光ダイオードの縦断面構成を示す図である。このような構成とすることによっても上記第1~3実施例と同様の作用を奏するばかりでなく、p型オーミック電極18とn型オーミック電極19との間隔は略等間隔に設定してあるのでさらに発光出力を安定させ、発光ダイオードの信頼性を高めることができる。

【0025】図8(b)は、本発明の第5実施例にかかる発光ダイオードを上方から見た平面図である。この発光ダイオードは、n型オーミック電極19を格子状とし、この格子の目の中に出力領域（発光領域）20を設定し、出力領域20内に方形のp型オーミック電極18を形成したものである。なお、同図(a)は、この発光ダイオードの縦断面構成を示す図である。このような構成とすることによっても上記第1~4実施例と同様の作用を奏するばかりでなく、多数の格子の目を有して微細化した場合には、発光出力の面内均一性を向上させることが可能である。

【0026】なお、上記第3~第5実施例では、発光ダイオードの縦方向の構成を実施例1と同様としたが、これは実施例2と同等の構成としても同様の作用を奏する。

【0027】また、本第1~第5実施例では、出力領域20下に半絶縁性InP基板11が形成されていたが、これは、比較例2のように出力領域20の下方の半絶縁性InP基板11をエッチングすることにより除去することとしてもよい。これによって、半絶縁性InP基板11での光の吸収がなくなり、出射された光が $n^+InGaAs$ 層と外部との界面で反射されることがとなるので、さらに発光出力を増加させることが可能である。

【0028】

7

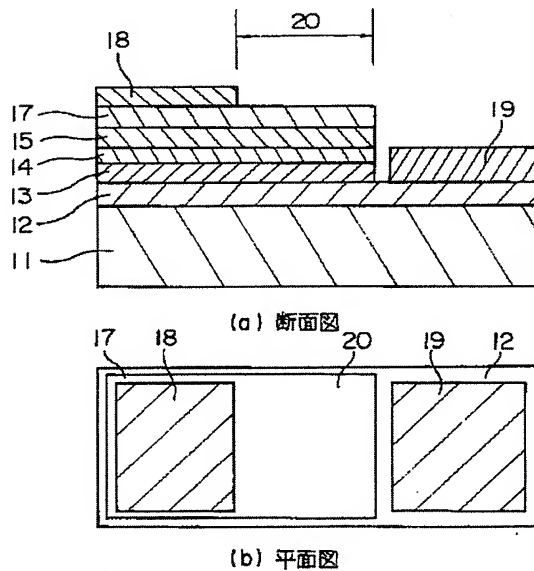
【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、かかる面発光型半導体発光装置に通電した際に光出力領域に電界と電流が集中するために、効率良く発光を取り出すことが可能であり、キャリアを第1および第2の電極から注入する場合には、光出力領域の外側や第1または第2電極直下での発光を抑制することが可能である。このように出力光の取り出し効率が高ければ、消費電力を低く抑えることができる。従って、熱の発生を低減させることができるので、温度変化による動作特性の変動を抑制することが可能である。また、第1および第2の電極は基板の同一面側に形成されている場合には、集積化が容易である。このため、光通信における光源や、表示装置などを構成する光源に本発明を適用することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る半導体発光装置の(a)縦断面図および(b)平面図である。

【図2】比較例の半導体発光装置の(a)縦断面図および(b)平面図である。

【図1】



8

【図3】本発明の第2実施例に係る半導体発光装置の(a)縦断面図および(b)平面図である。

【図4】比較例、第1実施例および第2実施例の駆動電流-光出力特性と示す図である。

【図5】本発明の第1実施例および第2実施例の $R_{sh}(p)/R_{sh}(n)$ -光出力特性を示す図である。

【図6】本発明の第3実施例に係る半導体発光装置の(a)縦断面図および(b)平面図である。

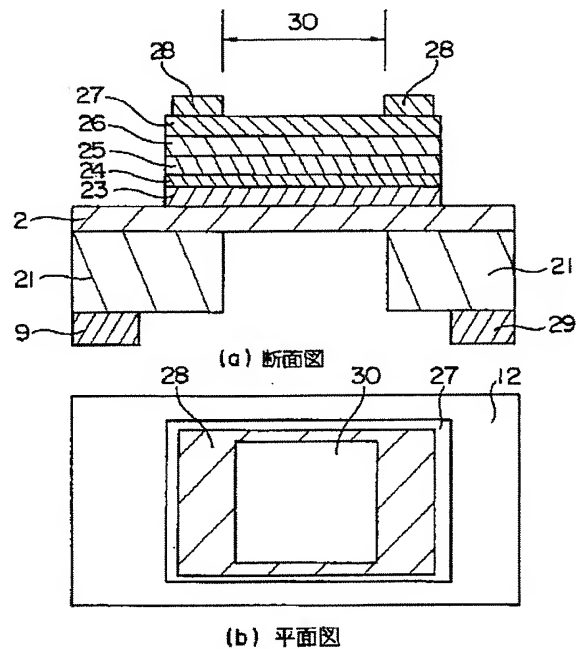
【図7】本発明の第4実施例に係る半導体発光装置の(a)縦断面図および(b)平面図である。

【図8】本発明の第5実施例に係る半導体発光装置の(a)縦断面図および(b)平面図である。

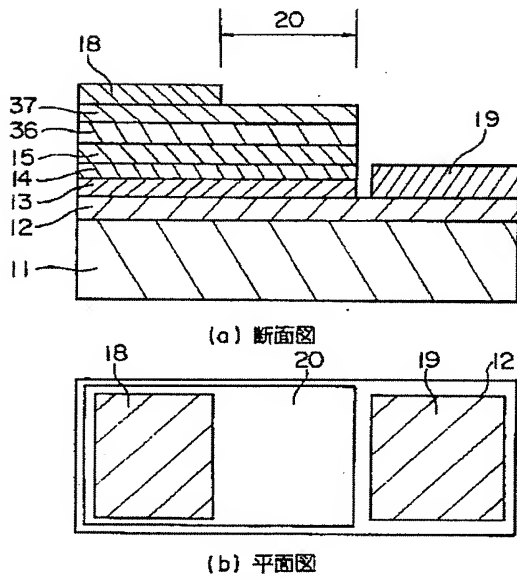
#### 【符号の説明】

11, 21…半絶縁性InP基板、12, 22… $n^+$ InGaAs層、13, 23…第1クラッド層、14, 24…活性層、15, 25…第2クラッド層、26, 36… $p^+$ InP層、17, 27, 37… $p^+$ InGaAs層、18, 28…p型オーミック電極、19, 29…n型オーミック電極、20, 30…出力領域。

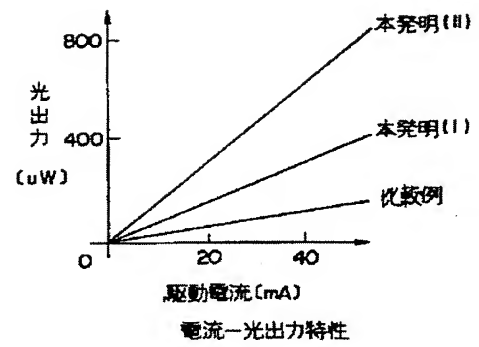
【図2】



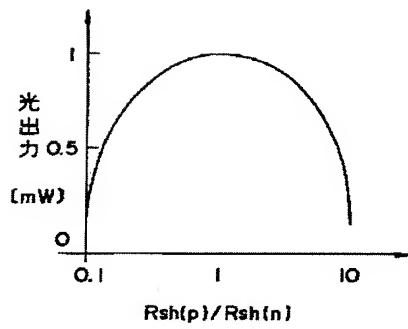
【図3】



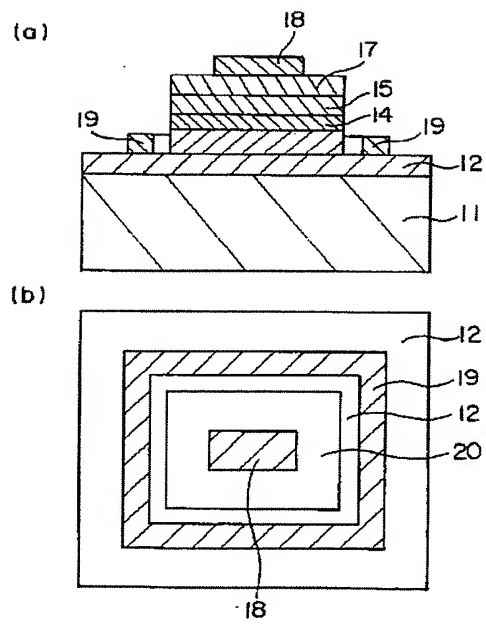
【図4】



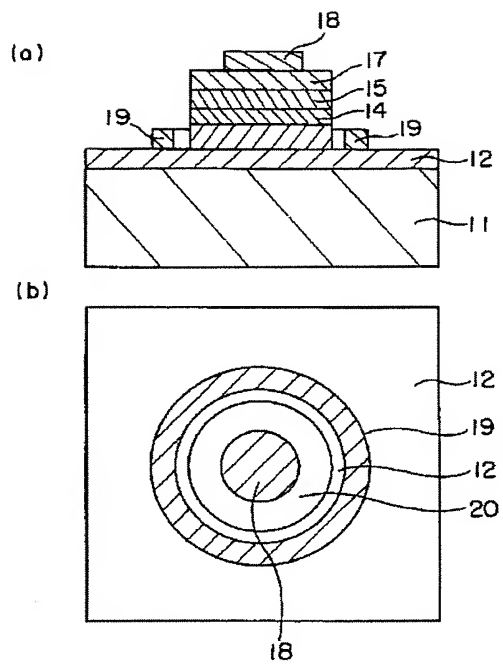
【図5】



【図6】



【図 7】



【図 8】

